



Freddy Aníbal Jumbo-Castillo

E-mail: fjumbo@utmachala.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5200-7162>

Ángel Mauricio Ramón-Noblecilla

E-mail: aramon@utmachala.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4310-8321>

Fausto Fabián Redrován-Castillo

E-mail: fredrovan@utmachala.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9255-9810>

Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Jumbo-Castillo, F. A., Ramón-Noblecilla, Á. M., & Redrován-Castillo, F. F. (2025). Análisis comparativo de software de tutoría inteligente basado en Inteligencia Artificial. *Portal de la Ciencia*, 6(3), 519-532, DOI: <https://doi.org/10.51247/pdlc.v6i3.641>.

==== o ====

Análisis comparativo de software de tutoría inteligente basado en Inteligencia Artificial

RESUMEN

El objetivo de este estudio es comparar sistemáticamente los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI) diseñados para la educación superior en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), con un enfoque en su integración de técnicas avanzadas de Inteligencia Artificial (IA). Para tal propósito se utilizó la metodología PRISMA, con la cual se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura, identificándose 50 estudios científicos, sintetizando datos sobre sistemas que emplean Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), aprendizaje por refuerzo, computación afectiva, entre otros. El análisis comparativo de siete STI, abarcan dominios que van desde la programación y la ciberseguridad hasta el diseño de bases de datos y el desarrollo web, revelando que, si bien estos sistemas mejoran significativamente los resultados de aprendizaje personalizados y la participación de los estudiantes, persisten desafíos en la estandarización de los protocolos de evaluación, la ampliación de soluciones específicas del dominio y la gestión de altos requisitos de calibración. Los hallazgos del estudio revelan limitaciones críticas tales como la heterogeneidad de la evaluación y la rápida evolución tecnológica, lo cual aporta directrices para desarrollar sistemas de tutoría híbridos. Además, el estudio realizado evidencia el potencial transformador de los STI basados en IA para remodelar la pedagogía de las TIC. Las investigaciones futuras deberían explorar el desarrollo de sistemas de tutoría independientes del dominio, la creación de marcos de evaluación unificados y la integración de métodos de computación afectiva más robustos, para transformar aún más la enseñanza de las TIC en la educación superior.

Palabras claves: inteligencia artificial, tutoría inteligente, software, educación personalizada, aprendizaje adaptativo.

Comparative analysis of intelligent tutoring software based on Artificial Intelligence

ABSTRACT

The objective of this study is to systematically compare Intelligent Tutoring Systems (ITS) designed for higher education in Information and Communication Technologies (ICT), with a focus on their integration of advanced Artificial Intelligence (AI) techniques. For this purpose, the PRISMA methodology was utilized to perform an exhaustive literature search, identifying 50 scientific studies and synthesizing data on systems employing Natural Language Processing (NLP), reinforcement learning, affective computing, among others. The comparative analysis of seven ITS, covering domains from programming and cybersecurity to database design and web development, reveals that while these systems significantly improve personalized learning outcomes and student engagement, challenges persist in standardizing evaluation protocols, scaling domain-specific solutions, and managing high calibration requirements. The study's findings expose critical limitations such as evaluation heterogeneity and rapid technological evolution, providing guidelines for developing hybrid tutoring systems. Moreover, the conducted study highlights the transformative potential of AI-based ITS to reshape ICT pedagogy. Future research should explore the development of domain-agnostic tutoring systems, the creation of unified evaluation frameworks, and the integration of more robust affective computing methods to further transform ICT education in higher education.

Keywords: artificial intelligence, intelligent tutoring, software, personalized education, adaptive learning.

==== o ====

Análise comparativa de software de tutoria inteligente baseado em Inteligência Artificial

RESUMO

O objetivo deste estudo é comparar sistematicamente os Sistemas de Tutoria Inteligente (STI) desenvolvidos para o ensino superior em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), com um enfoque na sua integração de técnicas avançadas de Inteligência Artificial (IA). Para esse fim, utilizou-se a metodologia PRISMA, por meio da qual foi realizada uma busca exaustiva na literatura, identificando 50 estudos científicos e sintetizando dados sobre sistemas que empregam Processamento de Linguagem Natural (PLN), aprendizado por reforço, computação afetiva, entre outros. A análise comparativa de sete STI, abrangendo domínios que vão desde a programação e a cibersegurança até o design de bancos de dados e o desenvolvimento web, revela que, embora esses sistemas melhorem significativamente os resultados de aprendizagem personalizada e o engajamento dos estudantes, persistem desafios na padronização dos protocolos de avaliação, na ampliação de soluções específicas de domínio e na gestão de altos requisitos de calibração. Os achados do estudo evidenciam limitações críticas, como a heterogeneidade da avaliação e a rápida evolução tecnológica, os quais fornecem diretrizes para o desenvolvimento de sistemas de tutoria híbridos. Além disso, o estudo demonstra o potencial transformador dos STI baseados em IA para remodelar a pedagogia das TIC. Pesquisas futuras devem explorar o desenvolvimento de sistemas de tutoria independentes do domínio, a criação de estruturas de avaliação unificadas e a integração de métodos mais robustos de computação afetiva para transformar ainda mais o ensino das TIC no ensino superior.

Palavras-chave: inteligência artificial, tutoria inteligente, software, educação personalizada, aprendizagem adaptativa.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años los avances tecnológicos han generado cambios transformadores en la educación, impulsados por el desarrollo de la IA. Los STI o tutores inteligentes están a la vanguardia de estos desarrollos, particularmente en la enseñanza de TIC en la Educación Superior. Los tutores cognitivos establecieron las bases para los sistemas de aprendizaje adaptativo, al incorporar modelos epistemológicos dentro de la enseñanza. En las disciplinas de las TIC, donde tanto el conocimiento teórico como la resolución práctica de problemas son primordiales, la necesidad de sistemas de retroalimentación adaptativos y en tiempo real se han vuelto cada vez más evidente.

Los STI y sus aplicaciones en la automatización de tareas interdisciplinarias han generado un impacto significativo en la integración de tecnológicas emergentes en todos los aspectos de la vida humana. En este sentido la IA, el Internet de las Cosas (IoT), la programación, la RV y la Big Data, contribuyen en la búsqueda de soluciones a diversos problemas (Rodríguez Chávez, 2021). El potencial de las tecnologías emergentes contribuye a la transformación de diversos sectores de la sociedad, como la educación donde la aplicación de estas herramientas contribuyen a facilitar la accesibilidad a servicios de alta calidad a un público más extenso.

El impulsó al uso de la tecnología, se enfoca a la creación de entornos de aprendizaje que reduzcan la carga cognitiva de los estudiantes y faciliten la adquisición de conocimientos. Esto motivó al diseño de software adaptable a las necesidades individuales, ofreciendo retroalimentación oportuna para el fortalecimiento cognitivo. Además, es importante considerar que el campo del análisis de sistemas adaptativos basados en algoritmos de aprendizaje automático, permiten personalizar la experiencia y captación de cada estudiante en el proceso de aprendizaje (Santos et al., 2024).

Los aportes científicos han demostrado que los tutores inteligentes pueden mejorar significativamente la retención de conocimientos y la transferencia de habilidades a largo plazo, debido a la capacidad de analizar el comportamiento y el rendimiento de los estudiantes, así como de identificar las falencias y ofrecer recomendaciones particulares de aprendizaje (Sharma & Harkishan, 2022) (Berrones Yaulema & Salgado Oviedo, 2023). Los sistemas de tutoría tienen la capacidad de interpretar datos complejos, lo cual los constituye en sistemas capaces de incorporar mejoras y adaptaciones continuas.

Los modelos de IA se integran al proceso formativo, permitiendo mejorar las metodologías y estrategias didácticas empleadas en los planes de estudio de diversas disciplinas académicas, con lo cual se potencia el pensamiento crítico y analítico de los estudiantes, favoreciendo la toma de decisiones fundamentadas y el desarrollo de investigaciones con rigor académico (Márquez Benavides et al., 2023). A través del aprendizaje automático, los STI pueden analizar grandes volúmenes de datos educativos y adaptar la enseñanza según las necesidades individuales de los estudiantes. Este enfoque ha sido ampliamente estudiado en el ámbito de la educación digital, destacando su impacto en la personalización del aprendizaje y la predicción del rendimiento académico (Munir et al., 2022). Las aplicaciones inteligentes permiten optimizar la organización de información, mejorar la precisión en los análisis, acelerar la redacción de contenidos, así como enfocarse en aspectos más creativos y estratégicos al momento de elaborar contenidos académicos.

El objetivo de esta investigación, es realizar un análisis comparativo de software de tutoría inteligente, mediante el reconocimiento de sus características y beneficios, lo cual permita la discusión capacidades y limitaciones que deben abordarse para una implementación exitosa.

Metodología

La metodología seleccionada sigue las directrices de PRISMA 2020, lo que garantiza un proceso riguroso en la revisión y selección de estudios sobre STI, asegurando la sistematización y el rigor en la recopilación de datos (Díaz-Horna et al., 2022). De acuerdo

con Alghirat et al. (2024) y Page et al. (2021), una revisión sistemática con criterios bien definidos y una estrategia de búsqueda clara reduce sesgos y mejora la fiabilidad de los hallazgos. Con base en lo anterior se estructuran las fases principales con sus respectivas actividades por cada etapa: Identificación, Cribado e Inclusión, lo cual se puede apreciar en la Figura 1.

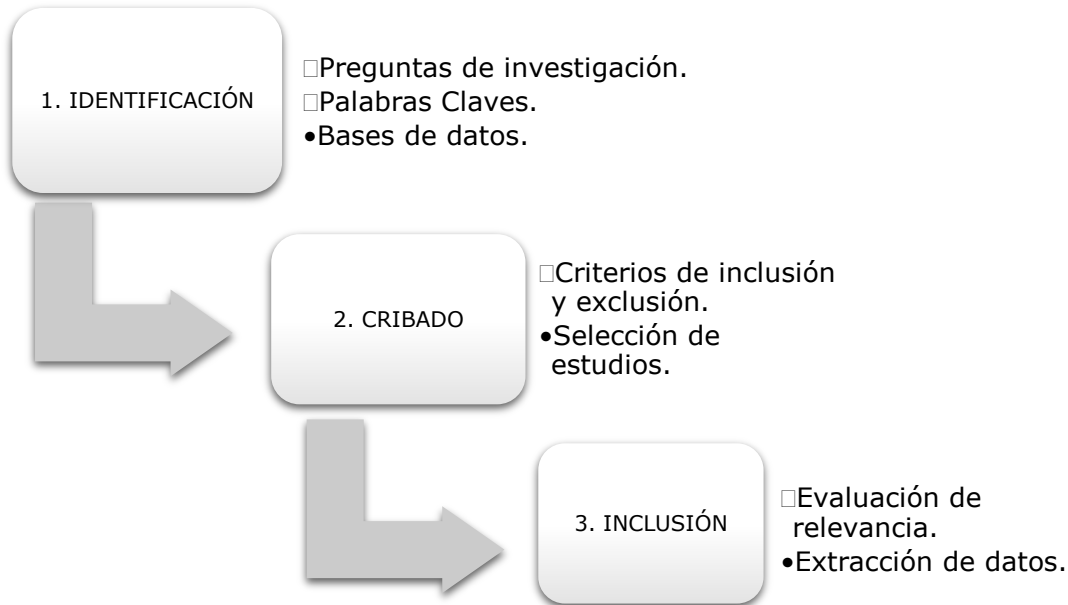


Figura 1. Fases de la metodología.

A continuación, se describe cada una de las etapas:

Identificación

Preguntas de investigación

El presente estudio tiene como propósito analizar la efectividad de los STI en la educación superior, evaluando sus beneficios, desafíos y estrategias de implementación. La integración de IA en estos sistemas ha transformado la enseñanza de TIC, facilitando el aprendizaje adaptativo y la personalización de contenidos. Sin embargo, persisten interrogantes sobre su impacto en el rendimiento académico, la retención de conocimientos y la optimización de metodologías de enseñanza.

Para tal propósito, es esencial integrar las preguntas PICO para la búsqueda y selección de estudios relevantes. Las siglas corresponden a:

- **Población:** El grupo de interés identificado para el presente estudio son estudiantes o profesionales en el ámbito de las TIC.
- **Intervención:** Se define el uso de STI basados en IA.
- **Comparador:** Se establece un grupo o método de comparación, como métodos de enseñanza tradicionales o sin el apoyo de sistemas inteligentes.
- **Resultados:** Se determinan los efectos o beneficios esperados, tales como mejoras en el rendimiento académico, la retención de conocimientos o la adaptabilidad del aprendizaje.

A partir de esta estructura, se han formulado 5 preguntas PICO para orientar la selección de estudios relevantes:

1. En estudiantes universitarios de TIC, ¿el uso de STI basados en inteligencia artificial mejoran el rendimiento académico en comparación con métodos de enseñanza tradicionales?
2. En programas educativos de informática, ¿la implementación de tutores inteligentes adaptativos, incrementa la retención de conocimientos en comparación con cursos sin tutoría inteligente?
3. En docentes de educación superior en TIC, ¿el uso de software de tutoría inteligente basado en IA facilita la personalización del aprendizaje en comparación con métodos convencionales?
4. En estudiantes de programación, ¿los STI con retroalimentación adaptativa, aumentan la tasa de éxito y finalización de cursos en comparación con el aprendizaje autodidacta sin soporte de IA?
5. En cursos de ciberseguridad, ¿el uso de sistemas de tutoría inteligente con escenarios simulados, mejora la toma de decisiones en situaciones de ataque cibernético en comparación con métodos de enseñanza tradicionales?

La incorporación de estas preguntas refuerza la coherencia metodológica del estudio y garantiza que todos los criterios estén alineados con los objetivos de la revisión, facilitando el análisis comparativo y la síntesis de la evidencia recogida (Cevallos-Macías et al., 2024; Galarza-Iglesias, 2020).

Palabras clave y búsqueda bibliográfica

Se establecieron criterios específicos para la búsqueda y selección de estudios relevantes en bases de datos académicas reconocidas, tales como Scopus, Web of Science, Google Scholar y Redalyc. Para asegurar la pertinencia de los estudios, se utilizaron términos clave como: Sistemas de tutoría inteligente, tecnología educativa, TIC y educación, ciencias computacionales.

La búsqueda se realizó en inglés y español, aplicando filtros para garantizar que los estudios fueran publicados entre 2020 y 2025 y que abordaran el desarrollo, evaluación o comparación de tutores inteligentes en TIC.

Selección de base de datos

Las búsquedas de estudios relevantes sobre STI y su impacto en la educación superior se realizaron en bases de datos científicas indexadas. Se priorizaron fuentes reconocidas que incluyen publicaciones revisadas por pares, garantizando la calidad y relevancia de la información recopilada.

Para la identificación de estudios, se emplearon cadenas de búsqueda estructuradas utilizando operadores booleanos AND para mejorar la precisión y pertinencia de los resultados. Las principales combinaciones utilizadas fueron:

- "intelligent AND tutoring AND systems AND artificial AND intelligence AND education"
- "adaptive AND learning AND tutor AND AI AND technology"

La búsqueda se realizó en inglés y español, aplicando filtros específicos para seleccionar estudios publicados entre enero de 2020 y diciembre de 2025. Se priorizaron artículos que abordaran el desarrollo, evaluación y comparación de STI en el contexto de las TIC, asegurando una perspectiva actualizada sobre su implementación y efectividad en la enseñanza.

Cribado

Criterios de inclusión y exclusión

Para asegurar la calidad y relevancia de los estudios analizados en esta investigación, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión. Estos criterios permitieron centrar el análisis en publicaciones alineadas con el objetivo del estudio y garantizar la validez de los resultados.

- **Criterios de inclusión:**
 - Estudios publicados en revistas revisadas por pares.

- Publicaciones recientes (2020-2025) para reflejar hallazgos actualizados.
- Enfoque explícito en STI en el ámbito de las TIC incluyendo su desarrollo, evaluación y comparación.
- Disponibilidad de textos completos para realizar un análisis exhaustivo.
- **Criterios de exclusión:**
 - Estudios sin revisión por pares, asegurando la credibilidad y calidad metodológica.
 - Documentos sin DOI (Identificador de Objeto Digital), garantizando su trazabilidad y autenticidad.

Selección de estudios

Se identificaron un total de 50 registros en bases de datos académicas indexadas. Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se eliminaron 10 registros duplicados y 5 estudios que no cumplían con los requisitos metodológicos. Luego del cribado inicial, 35 estudios fueron sometidos a una evaluación detallada considerando la pertinencia de sus objetivos, metodología y calidad de datos. En esta fase, 5 estudios adicionales fueron descartados por no abordar específicamente la comparación de STI en la enseñanza de TIC o por carecer de información suficiente para el análisis. Finalmente, se incluyeron 30 estudios en la revisión sistemática, asegurando que la selección cumpliera con los lineamientos PRISMA 2020. La Figura 2 muestra el flujo detallado de este proceso.

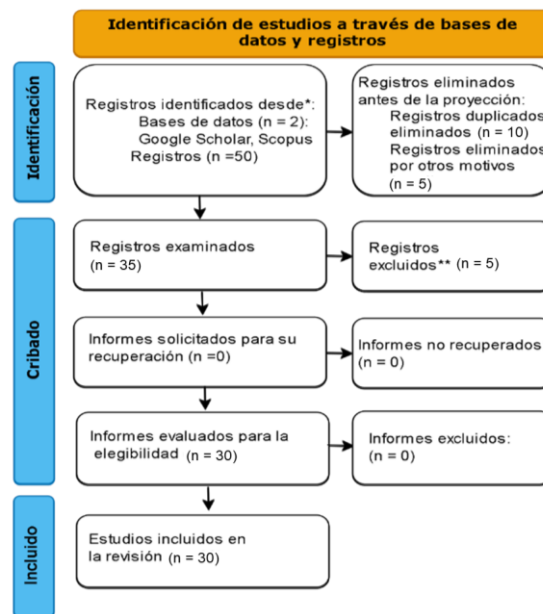


Figura 2. Diagrama PRISMA.

Fuente: Modificado de Santiago Arenas et al. (2023).

Inclusión

Evaluación de relevancia

Para garantizar la calidad y pertinencia de los estudios seleccionados en la revisión sistemática, se establecieron criterios rigurosos de evaluación centrados en su relación directa con la comparación y análisis de STI. Se analizaron los siguientes aspectos clave:

- **Alcance de la investigación y aplicabilidad:** Se evaluó la pertinencia de los hallazgos en contextos reales de implementación, como la personalización del

aprendizaje, la optimización de la retroalimentación y la mejora del rendimiento académico con STI.

- **Metodología empleada:** Se verificó que los estudios utilizaran enfoques metodológicos sólidos, incluyendo análisis comparativos, estudios de caso o revisiones sistemáticas.
- **Rigor analítico y validez de los datos:** Se aseguraron criterios de validez interna y externa para garantizar que los estudios presentaran evidencia empírica confiable y replicable en la evaluación de los STI.
- **Publicaciones recientes (2020-2025):** Se incluyeron estudios publicados en revistas científicas revisadas por pares para reflejar los avances más recientes en el desarrollo y aplicación de STI.
- **Coherencia con los objetivos del estudio:** Se garantizó que los estudios seleccionados contribuyeran directamente al análisis comparativo de STI, identificando sus fortalezas, debilidades y potencial de mejora.

Para la evaluación de cada estudio, se aplicó un sistema de puntuación basado en tres niveles de relevancia: "Sí" (2 puntos), "Parcialmente" (1 punto) o "No" (0 puntos). Tras este proceso, se seleccionaron un total de 30 artículos con puntuaciones entre 7 y 35 puntos, asegurando que solo aquellos con evidencia sólida fueran considerados en la fase de extracción de datos.

Extracción de datos

La extracción de datos se realizó mediante un protocolo estructurado, que permitió identificar información clave en cada estudio seleccionado. Se recopilaron y clasificaron datos en función de las siguientes variables esenciales:

- Evaluación de los modelos estructurales utilizados en los STI, incluyendo sus módulos de personalización y mecanismos de aprendizaje.
- Identificación de los enfoques de IA empleados en los STI, tales como aprendizaje automático, PLN y computación afectiva.
- Análisis del grado de adaptación de los STI a las necesidades individuales de los estudiantes.
- Revisión de los criterios utilizados para medir la efectividad de los STI en términos de aprendizaje y experiencia del usuario.
- Determinación de los entornos en los que se implementan los STI, tales como educación superior, formación profesional y capacitación en TIC.

Los datos obtenidos fueron sintetizados para identificar patrones, fortalezas y debilidades en el diseño e implementación de los STI. El análisis comparativo permitió destacar las contribuciones y limitaciones de cada enfoque, proporcionando una base sólida para la validación de las conclusiones del estudio (Chicaiza et al., 2023).

RESULTADOS

El desarrollo de los STI se remonta a los primeros tutores cognitivos, que se basaban en teorías de la cognición humana y la resolución de problemas, los cuales integraban modelos cognitivos para simular los procesos de aprendizaje de los estudiantes, proporcionando orientación paso a paso en dominios de problemas complejos (Quintanar-Casillas & Hernández-López, 2022). La búsqueda del conocimiento es fundamental para comprender cómo los estudiantes adquieren conocimiento. Este aporte sentó las bases para generaciones posteriores de STI que incorporaron mecanismos adaptativos e interfaces más sofisticadas (Goicochea-Ríos & Gómez-Goicochea, 2021). Según Llamas Covarrubias et al. (2022), la regulación de la inteligencia artificial en educación es un desafío clave, ya que se requieren normativas claras para garantizar su uso ético y efectivo.

La arquitectura modular de STI facilita la adaptabilidad, escalabilidad y mantenimiento de los sistemas. A continuación, se describe cada componente:

- **Módulo del Dominio:** Es el encargado de almacenar, estructurar y organizar el conocimiento específico del área de estudio, e incluye reglas, procedimientos, ejemplos y problemas relacionados con el contenido académico. El tutor proporciona información valiosa, ajustando las actividades y preguntas al nivel cognitivo.
- **Módulo del Estudiante:** Modela y mantiene la información relacionada con el perfil, conocimientos, habilidades, estilos y preferencias de aprendizaje.
- **Módulo del Tutor:** Permite la toma de decisiones académicas, procesando información proveniente del módulo del estudiante y del dominio para establecer la acción pedagógica correcta.
- **Módulo de Interfaz:** Permite la interacción entre el estudiante y el tutor o profesor. Por lo tanto, presenta la información, recibe peticiones y muestra la retroalimentación de forma clara y atractiva.

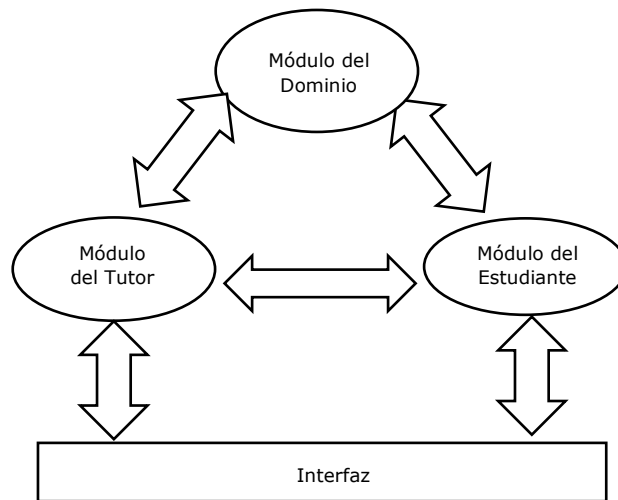


Figura 1. Arquitectura modular de los STI(Sharma y Harkishan, 2022).

Los STI han evolucionado desde sistemas estáticos basados en reglas a plataformas dinámicas basadas en datos, los cuales aprovechan el aprendizaje automático y el PLN. El sistema Cognitive Tutor emplea la exploración de modelos y la inferencia bayesiana para controlar el progreso de los estudiantes, mientras que AutoTutor aprovecha el diálogo bidireccional, lo que permite una interacción conversacional natural entre el estudiante y el tutor personal (Graesser, 2016; Nye et al., 2014). La eficacia del aprendizaje está relacionada con la capacidad del sistema para interpretar y responder a las necesidades cognitivas del estudiante en tiempo real.

Los avances en tecnología educativa han dado origen a modelos híbridos, que combinan enfoques basados en reglas y en datos para maximizar las capacidades de adaptación. Esto ha permitido que los sistemas aprovechen la fortaleza de los sistemas basados en reglas, así como incorporar las bondades de los algoritmos de aprendizaje automático para adaptarse a las necesidades de aprendizaje individual. Estos sistemas se fortalecen por el uso de aprendizaje por refuerzo, redes neuronales profundas y computación afectiva para establecer las instrucciones basadas en tiempo real.

Las estrategias didácticas empleadas por los tutores inteligentes varían ampliamente. Los tutores cognitivos enfatizan en la resolución de problemas y la retroalimentación paso a paso, lo cual ha demostrado mejorar las habilidades de resolución de problemas matemáticos, mientras que AutoTutor, se centran en fomentar el pensamiento crítico y las habilidades metacognitivas a través de la interacción conversacional. La auditoría algorítmica en sistemas educativos es fundamental para evaluar la transparencia y el impacto de la inteligencia artificial en el aprendizaje Mota Sánchez & Herrera Expósito

Análisis comparativo de software de tutoría inteligente basado en Inteligencia Artificial

(2023). Algunas teorías resaltan la importancia del compromiso multimodal para mejorar la motivación y retención del alumno (Thinakaran et al., 2023).

La integración de la computación afectiva en STI, permite que estos sistemas evalúen y respondan al estado emocional de un estudiante (Meenakshi et al., 2017). Esto permite comprender la dimensión afectiva del aprendizaje, lo cual es fundamental para adaptar estrategias de instrucción que puedan motivar y mantener el compromiso, siendo beneficioso en entornos donde la sobrecarga cognitiva es una preocupación, ya que garantiza que el sistema no solo imparta conocimientos, sino que también apoye el bienestar emocional del alumno.

Las estrategias pedagógicas que incluyen los STI son:

- **Aprendizaje andamiaje:** La orientación se reduce gradualmente a medida que los alumnos ganan competencia (López-Vargas et al., 2022).
- **Instrucción basada en diálogos:** Fomenta el pensamiento reflexivo y la comprensión conceptual.
- **Aprendizaje basado en consultas:** Permite el desarrollo de tareas prácticas.
- **Retroalimentación afectiva y adaptativa:** Facilita la incorporación de señales multimodales para ajustar la enseñanza en función de las emociones del estudiante.

En la Tabla 1. se describen de acuerdo con el sistema de tutoría, los hallazgos identificados en los diferentes estudios, permitiendo el análisis comparativo basado en evidencias.

Tabla 1. Análisis comparativo de STI.

Sistema	Área	Fundament o teórico	Mecanismo adaptativo	Estrategia pedagógica	Resultados de la evaluación	Limitaciones
Cognitive Tutor para programación	Programación (Lenguajes estructurados y orientados a objetos)	Teoría cognitiva y rastreo de modelos	Seguimiento del conocimiento bayesiano y modelo de seguimiento de las respuestas de los estudiantes	Resolución de problemas y retroalimentación correctiva	Mejoras significativas en la precisión de la codificación y las habilidades de depuración	Alto costo de desarrollo y problemas de adaptabilidad específicos del dominio
AutoTutor de conceptos de TIC	Conceptos fundamentales de TIC	Marcos de agentes conversacionales y PLN	Diálogo de iniciativas mixtas, análisis de lenguaje y sentimiento en tiempo real	Cuestionamiento socrático y diálogo interactivo que promueve el pensamiento reflexivo	Logros moderados en comprensión conceptual, pensamiento crítico y mayor compromiso	Dificultad para manejar lenguaje técnico ambiguo. Eficacia del diálogo variable
EER-Tutor para diseño de base de datos	Diseño y modelado de base de datos	Aprendizaje cognitivo; seguimiento de modelos con énfasis en el diagnóstico de errores	Diagnóstico de errores en tiempo real y generación de sugerencias dinámicas mediante seguimiento de modelos	Aprendizaje basado en la investigación y tareas de diseño iterativas con retroalimentación.	Precisión de diseño mejorada, reducción de errores conceptuales y mayor autoeficacia.	Se enfoca únicamente al diseño de bases de datos.
Adaptive Code Tutor	Programación (Ingeniería de software y lenguajes de scripting)	Aprendizaje constructivista y teoría de la carga cognitiva	Adaptación basada en el aprendizaje por refuerzo y seguimiento del	Aprendizaje basado en problemas y retroalimentación formativa	Mejoras significativas en la comprensión del código, el rendimiento	Requiere amplios datos de calibración, potencial sobreajuste y desafíos con

Análisis comparativo de software de tutoría inteligente basado en Inteligencia Artificial

			rendimiento para ajustes de dificultad de las tareas	con depuración interactiva	de la depuración y sobrecarga cognitiva reducida	estilos de codificación creativos
Python Tutor para visualización de programación	Programación (Python)	Aprendizaje constructivista y teoría de la carga cognitiva	Simulación visual de ejecución de código y resaltado de errores interactivo	Prompts de autoexplicación, exploración guiada de código y retroalimentación visual paso a paso	Comprensión mejorada de los códigos de programación, habilidades de depuración y retención mejoradas	Limitado a Python.
Cyber-security Tutor	Fundamentos y prácticas de ciberseguridad	Aprendizaje cognitivo y aprendizaje basado en escenarios	Adaptación basada en escenarios, razonamiento basado en casos y sistemas basados en reglas	Aprendizaje basado en problemas y escenarios de ciberataques simulados con remediación interactiva	Mejor toma de decisiones y comprensión de los principios de seguridad y mayor conciencia situacional	Alta complejidad en el diseño de escenarios y especificidad de dominio
Web Development Tutor	Diseño y desarrollo web (HTML, CSS, JavaScript)	Aprendizaje focalizado; teorías constructivistas	Detección de errores basada en reglas, sugerencias sensibles al contexto y reconocimiento de patrones basado en ML	Tutoriales interactivos con comentarios en tiempo real y tareas de diseño.	Mayor competencia en diseño web, identificación y corrección de errores mejoradas	Dominio específico, generalización limitada a paradigmas de programación no web

Los STI descritos en la tabla anterior, basan su implementación en IA a través de la utilización de modelos computacionales que se adaptan a las necesidades individuales de los estudiantes. Un campo de estudio utilizado frecuentemente en tutores inteligentes es PLN el cual facilita la lingüística computacional permitiendo una enseñanza interactiva y consciente del contexto, mientras que otras aplicaciones utilizan el aprendizaje por refuerzo y técnicas de computación afectiva las cuales permiten detectar y responder al estado emocional del alumno. Según Aguirre (2022), evaluar los impactos y riesgos de la inteligencia artificial en la educación requiere modelos que permitan estimar su efectividad y prevenir daños potenciales.

DISCUSIÓN

Los tutores inteligentes optimizan los resultados del aprendizaje, lo cual se evidencia en Cognitive Tutor el cual mejora la precisión de la codificación y las habilidades de depuración, mientras que los sistemas basados en diálogo como Auto Tutor fomentan una mejor comprensión conceptual y pensamiento crítico. Además, se evidencia que STI modernos como Python Tutor mejora el rendimiento académico mediante simulaciones de código interactivas. Cybersecurity Tutor y Web Development demuestran su capacidad para abordar desafíos específicos de un dominio de manera efectiva, ofreciendo experiencias personalizadas de aprendizaje basadas en inteligencia artificial. La implementación de estos sistemas ha avanzado hacia modelos que no solo optimizan el aprendizaje, sino que también consideran factores emocionales para mejorar la experiencia educativa (Pincay Ponce et al., 2019). Asimismo, Colonio Caro (2023) señala que el uso excesivo de tecnologías puede generar conductas adictivas en los estudiantes, lo que plantea la necesidad de enfoques pedagógicos equilibrados en los STI.

El cuadro comparativo revela varios hallazgos:

- Sistemas como Cognitive Tutor y EER-Tutor se basan en el seguimiento de modelos, mientras que AutoTutor emplea diálogo en PLN, cada enfoque tiene distintas ventajas y limitaciones en términos de adaptación en tiempo real y diagnóstico de errores. Según Silva-González et al. (2021), el uso de redes neuronales en los sistemas de tutoría inteligente ha permitido mejorar significativamente la personalización del aprendizaje, ya que estos modelos pueden generar recomendaciones automáticas basadas en el desempeño del estudiante y en patrones de interacción con el contenido educativo.
- Los sistemas híbridos como el Adaptive Code Tutor, integran el aprendizaje por refuerzo con mecanismos basados en reglas, lo cual brinda flexibilidad para abordar diversos estilos de aprendizaje. Según Sánchez et al. (2023), el uso del formato PICO en la educación digital ha demostrado ser una herramienta útil para estructurar preguntas de investigación y mejorar la calidad del aprendizaje basado en IA. Bardales Marcas et al. (2023), señalan que este tipo de estrategias han demostrado ser especialmente efectivas para fortalecer el pensamiento crítico y la toma de decisiones en entornos educativos, al permitir que los tutores ajusten dinámicamente el contenido en función del progreso del estudiante.
- La introducción de tutores de dominio específico tales como Python Tutor, Cybersecurity Tutor y Web Development Tutor, resaltan la importancia de implementar mecanismos de adaptación y estrategias pedagógicas enfocadas a las demandas de los subcampos de las TIC. De acuerdo con Lara Andino et al. (2024), el uso de inteligencia artificial en la evaluación del aprendizaje no solo ha facilitado la retroalimentación inmediata, sino que también ha permitido una personalización más precisa de la enseñanza a través del análisis de patrones de desempeño y de la interacción del estudiante con los materiales digitales.

Las estrategias adaptativas con base en el aprendizaje andamiado, la instrucción en el diálogo o escenarios en simulación, desempeñan un papel fundamental a la hora de incluir a los estudiantes. La retroalimentación iterativa proporcionada por EER-Tutor se ha asociado con una mayor autoeficacia en el diseño de bases de datos. De manera similar, el aprendizaje basado en escenarios de Cybersecurity Tutor mejora la competencia técnica y la toma de decisiones bajo presión simulada. Estos resultados respaldan la opinión de que los STI bien diseñados, pueden abordar simultáneamente las dimensiones cognitiva y afectiva del aprendizaje. Según Miranda Ruiz et al. (2024), la inteligencia artificial no solo mejora el acceso al conocimiento, sino que también fortalece la creatividad en el proceso educativo, permitiendo la implementación de enfoques pedagógicos innovadores.

Una limitación constante entre los estudios es la carencia de protocolos de evaluación estandarizados. La falta de métricas unificadas dificulta la comparación entre estudios, dificultando la generación de los hallazgos, si bien los STI demuestran eficacia en entornos controlados, los altos costos de su implementación y la necesidad de grandes volúmenes de datos de entrenamiento limitan una adopción más amplia.

LIMITACIONES Y ESTUDIOS FUTUROS

Los tutores inteligentes analizados ofrecen avances significativos en el aprendizaje personalizado para la educación superior en el ámbito de las TIC, por lo tanto, deben reconocerse las limitaciones inherentes relacionadas con la heterogeneidad de la evaluación, la especificidad del dominio, la escalabilidad y el rápido cambio tecnológico. Estas limitaciones evidencian la necesidad de realizar investigaciones futuras que prioricen el desarrollo de protocolos de evaluación estandarizados, modelos adaptables a distintos dominios y técnicas de computación afectiva más robustas para mejorar la generalización y la escalabilidad de los STI.

RECONOCIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a los distinguidos docentes de la Universidad Técnica de Machala, cuya invaluable orientación y apoyo constante han sido fundamentales en el desarrollo de este trabajo. De igual manera, la gratitud se extiende a los especialistas en Tecnologías de la Información y Comunicación, por su experticia y contribuciones que enriquecieron significativamente la comprensión y el análisis comparativo del software de tutoría inteligente basado en Inteligencia Artificial. Su compromiso con la excelencia académica ha sido una fuente de inspiración a lo largo de todo el proceso.

CONTRIBUCIONES DEL AUTOR

- **Freddy Aníbal Jumbo Castillo:** Conceptualizó el estudio, diseñó la metodología basada en PRISMA, realizó la revisión bibliográfica y la síntesis de los hallazgos empíricos. Editó y finalizó el manuscrito garantizando claridad, coherencia y cumplimiento de los estándares científicos.
- **Ángel Mauricio Ramón Noblecilla:** Realizó la búsqueda sistemática de literatura, extrajo datos y desarrolló el análisis comparativo de tutores inteligentes. Además, contribuyó a la interpretación de los resultados y al análisis de las limitaciones y las futuras direcciones de investigación.
- **Fausto Fabián Redrován Castillo:** Revisó el manuscrito garantizando claridad, coherencia y cumplimiento de los estándares requeridos, así como brindó supervisión técnica, gestionó citas y formato. Coordinó esfuerzos de colaboración entre coautores. Documentó las conclusiones del estudio realizado.

CONCLUSIONES

En esta investigación se realizó una comparación exhaustiva de los tutores inteligentes utilizados en la educación superior enfocados en Tecnologías de la Información. La aplicación de la metodología PRISMA, permitió una síntesis rigurosa de diversos estudios destacando las fortalezas, así como los desafíos de las implementaciones actuales de los STI. La tabla comparativa de STI abarcan disciplinas tales como: programación, ciberseguridad, diseño de bases de datos y desarrollo web, evidenciando que, si bien estos sistemas mejoran efectivamente los resultados del aprendizaje, también enfrentan limitaciones relacionadas con la especificidad del dominio, el costo de implementación y la estandarización de la evaluación.

El uso de la IA está presente en los tutores inteligentes, al aprovechar las técnicas de seguimiento o rastreo de modelos, el PLN y la computación afectiva. Estos sistemas representan los avances de la tecnología educativa adaptativa. Las investigaciones futuras deberían priorizar la creación de sistemas de tutoría independientes del dominio y el desarrollo de marcos de evaluación estandarizados, lo cual aportará en la escalabilidad y generalización de los STI.

REFERENCIAS

- Aguirre, J. F. (2022). Modelos y buenas prácticas evaluativas para detectar impactos, riesgos y daños de la inteligencia artificial. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, 12(23).
- Albhirat, M. M., Rashid, A., Rasheed, R., Rasool, S., Zulkiffli, S. N. A., Zia-ul-Haq, H. M., & Mohammad, A. M. (2024). The PRISMA statement in enviropreneurship study: A systematic literature and a research agenda. In *Cleaner Engineering and Technology* (Vol. 18). <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100721>
- Bardales Marcas, M. M., Contreras Martinez, B. A., Chang Montenegro, A. F., Mayo Caquipoma, M. E., & Huairé-Inacio, E. J. (2023). Aprendizaje basado en evidencia: Una revisión sistemática en Educación. *Dialogos Abiertos*, 2(2). <https://doi.org/10.32654/dialogosabiertos.2-2.1>

- Berrones Yaulema, L. P., & Salgado Oviedo, S. A. (2023). La aplicación de la inteligencia artificial para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el ámbito educativo. *Esprint Investigación*, 2(1). <https://doi.org/10.61347/ei.v2i1.52>
- Cevallos-Macías, G. M., Hermann-Acosta, A., & Zambrano-Acosta, J. M. (2024). Las competencias tecno-pedagógicas en los docentes: Revisión Sistemática de literatura en educación en el contexto iberoamericano. *MQRInvestigar*, 8(1). <https://doi.org/10.56048/mqr20225.8.1.2024.260-287>
- Chicaiza, R. M., Camacho Castillo, L. A., Ghose, G., & Castro Magayanes, I. E. (2023). Aplicaciones de Chat GPT como inteligencia artificial para el aprendizaje de idioma inglés: avances, desafíos y perspectivas futuras. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.781>
- Colonio Caro, J. D. (2023). Revisión sistemática sobre la adicción a las redes sociales en adolescentes latinoamericanos entre el 2020-2022. *Propósitos Y Representaciones*, 11(2). <https://doi.org/10.20511/pyr2023.v11n2.1759>
- Díaz-Horna, Í., Pino-Apablaza, F., & Menéndez-Álvarez, E. (2022). Revisión de publicaciones relacionadas con la Educación ambiental y la conservación del medio ambiente en Latinoamérica, aplicando la metodología PRISMA. *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 9(1), 94-109. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2022v9n1.008>
- Galarza-Iglesias, A. M. (2020). Estrategia de búsqueda de información científica aplicada al reintegro laboral de personas con discapacidad. *Universidad y Salud*, 22(2). <https://doi.org/10.22267/rus.202202.190>
- Goicochea-Ríos, E., & Gómez-Goicochea, N. (2021). Competencias docentes para la enseñanza y el aprendizaje en un entorno virtual. *Revista de La Fundación Educación Médica*, 24(1). <https://doi.org/10.33588/fem.241.1110>
- Graesser, A. C. (2016). Conversations with AutoTutor Help Students Learn. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1). <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0086-4>
- Lara Andino, A. R., Sacatoro Toaquiza, J. I., León Vinuesa, A. G., Jarrín Trujillo, G. M., & Simancas Malla, F. M. (2024). La evaluación, la inteligencia artificial y otras tecnologías de vanguardia en Educación General Básica Superior. *Prometeo Conocimiento Científico*, 4(1). <https://doi.org/10.55204/pcc.v4i1.e85>
- Llamas Covarrubias, J. Z., Mendoza Enríquez, O. A., & Graff Guerrero, M. (2022). Enfoques regulatorios para la Inteligencia Artificial (IA). *Revista Chilena de Derecho*, 49(3). <https://doi.org/10.7764/r.493.2>
- López-Vargas, O., Bermúdez-Martínez, M., & Sanabria-Rodríguez, L. (2022). Autoeficacia y logro de aprendizaje en estudiantes con diferente estilo cognitivo en un videojuego. *Revista Colombiana de Educación*, 85. <https://doi.org/10.17227/rce.num85-12499>
- Márquez Benavides, L., Moreno Goytia, E. L., & Gonzalez Ramirez, L. F. (2023). El uso de la inteligencia artificial en un entorno académico. *Ciencia Nicolaita*, 89. <https://doi.org/10.35830/cn.vi89.721>
- Meenakshi, K., Sunder, R., Kumar, A., & Sharma, N. (2017). An intelligent smart tutor system based on emotion analysis and recommendation engine. *IEEE International Conference on IoT and Its Applications, ICIOT 2017*. <https://doi.org/10.1109/ICIOTA.2017.8073608>
- Miranda Ruiz, P. J., Quintana Serrano, K. N., Mamarandi Zambrano, K. A., & Yupa Rodríguez, S. E. (2024). Inteligencia artificial un potencial para la creatividad pedagógica. *RECIAMUC*, 8(1). [https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.\(1\).ene.2024.265-277](https://doi.org/10.26820/reciamuc/8.(1).ene.2024.265-277)

- Mota Sánchez, E. M., & Herrera Expósito, E. (2023). Auditoría algorítmica en la inteligencia artificial en el Sector Público. *Proyecciones*, 17. <https://doi.org/10.24215/26185474e025>
- Munir, H., Vogel, B., & Jacobsson, A. (2022). Enfoques de inteligencia artificial y aprendizaje automático en la educación digital: Una revisión sistemática. *Information*, 13(4).
- Nye, B. D., Graesser, A. C., & Hu, X. (2014). AutoTutor and family: A review of 17 years of natural language tutoring. In *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (Vol. 24, Issue 4). <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0029-5>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N71>
- Pincay Ponce, J. I., Pintado Zumba, P. F., & Biset, J. C. (2019). ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIONES DE SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES Y AFECTIVOS. REVISIÓN SISTEMÁTICA. *REFCaE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010, 1(3).
- Quintanar-Casillas, R., & Hernández-López, Ma. S. (2022). Modelos Tecnológicos de Aprendizaje Adaptativo Aplicados a la Educación. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 15(1). <https://doi.org/10.37843/rtd.v15i1.308>
- Rodríguez Chávez, M. H. (2021). Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.848>
- Sánchez, M., Pedreño, M., Ponce, A. I., & Navarro, F. (2023). And, at first, it was the research question... The PICO, PECO, SPIDER and FINER formats. *ESPIRAL. CUADERNOS DEL PROFESORADO*, 16(32).
- Santiago Arenas, A., Samboni, O., Villegas Trujillo, L. M., Zamora Córdoba, I., & Alfonso Morales, G. (2023). Tratamiento de la hipersensibilidad dentinaria primaria: Revisión exploratoria. *Salud Uninorte*, 39(03), 1120-1152. <https://doi.org/10.14482/sun.39.03.741.258>
- Santos, S. M. A. V., Guimarães, C. D., Dos Santos Filho, E. B., Gomes, L. F., De Castilho, L. P., Da Silva, M. V. M., De Oliveira, R. F., & Narciso, R. (2024). INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO. *Revista Contemporânea*, 4(1), 1850-1870. <https://doi.org/10.56083/rcv4n1-101>
- Sharma, P., & Harkishan, M. (2022). Designing an intelligent tutoring system for computer programming in the Pacific. *Education and Information Technologies*, 27(5). <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10882-9>
- Silva-González, S. M., Rodríguez-Chávez, M. H., & Polanco-Martagón, S. (2021). Implementación de una red neuronal artificial como módulo de dominio de un sistema de tutoría inteligente. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i.2930>
- Thinakaran, R., Chupra, S., & Batumalay, M. (2023). Motivation assessment model for intelligent tutoring system based on Mamdani inference system. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 12(1). <https://doi.org/10.11591/ijai.v12.i1.pp189-200>.